DAS VERHALTEN DES POSTROTATORISCHEN NYSTAGMUS I UND II BEI WIEDERHOLTEN DREHUNGEN MIT VERSCHIEDENER REIZSTÄRKE AN GESUNDEN

Marlis Rügert

1967

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546019_0005

AUS DER NEUROCHIRURGISCHEN KLINIK DER UNIVERSITÄT MÜNCHEN

Direktor: Professor Dr. F. MARGUTH

DAS VERHALTEN DES POSTROTATORISCHEN NYSTAGMUS I UND II BEI WIEDERHOLTEN DREHUNGEN MIT VERSCHIEDENER REIZSTÄRKE AN GESUNDEN

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
verfaßt und
einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Marlis Rügert

aus Stuttgart-Bad Cannstatt

München 1967

LEIDIG-DRUCK, 8000 München - 25, Schöttlstraße 9, Tel. 77 26 33

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Referent: Professor Dr. F. MARGUTH
Dekan: Professor Dr. M. KIESE

Tag der mündlichen Prüfung: 21. 2. 1967

UNIVERSITEITSBIBLIOTHEEK - LEIDEN

GLIEDERUNG

I. Einleitung

II. Zur Physiologie des Vestibularapparates

III. Literatur zum Thema "Habituation"

1. Definition des Begriffes "Habituation"
2. Thermische Untersuchungen
   a) Thermische Untersuchungen am Tier
   b) Thermische Untersuchungen am Menschen
3. Kombinierte thermische und rotatorische Untersuchungen am Tier
4. Rotatorische Untersuchungen
   a) Rotatorische Untersuchungen am Tier
   b) Rotatorische Untersuchungen am Menschen

IV. Eigene Untersuchungen

1. Methodik
   a) Untersuchungsgerät
   b) Versuchsbedingungen
   c) Versuchsdurchführung
2. Auswertung
3. Ergebnisse

V. Diskussion

VI. Zusammenfassung

VII. Literaturverzeichnis

I. EINLEITUNG

Über das Verhalten des postrotatorischen Nystagmus I und II (Post I und Post II) nach wiederholten rotatorischen Reizen am Gesunden liegen bisher wenig systematische Untersuchungen vor, die z. T. widersprechende Ergebnisse erbracht haben.

Es wurde daher in der vorliegenden Arbeit die Frage geprüft, ob sich bei gesunden Versuchspersonen durch über zehn Tage wiederholte Drehreize mit je sechs Drehversuchen an einem Tag eine Änderung des postrotatorischen Nystagmus I oder II erreichen läßt.

II. ZUR PHYSIOLOGIE DES VESTIBULARAPPARATES

Bei einer Reizung des Gleichgewichtsorganes (Winkelbeschleunigung) kommt es über eine Endolymphbewegung in den Bogengängen zu einer Cupuladeviation, die zu einer Erregung der spezifischen Sinneszellen führt. Die Endolymphströmung kann bei rotatorischen Reizungen durch Winkelbeschleunigungen hervorgerufen werden. Bei thermischen Reizungen ist sie die Folge der Erwärmung oder Abkühlung der Endolymphe durch warme oder kalte Spülungen des Ohres. Während bei thermischen Untersuchungen nur ein Labyrinth gereizt wird, werden bei rotatorischen Untersuchungen beide Labyrinthe - allerdings unterschiedlich stark - erregt. Reine Winkelbeschleunigungen werden bei einer Drehung um eine Achse wirksam, die durch ein Labyrinth bzw. die Kopfmitte geht. Bei exzentrischer Rotation treten neben Winkelbeschleunigungen auch Linearbeschleunigungen (Zentrifugalkräfte) auf. Diese Corioliskräfte überdecken den Reizeffekt der Winkelbeschleunigung.

Durch elektrische Stimuli werden die vestibulären Sinneszellen direkt erregt.

Über die pars vestibularis des VIII. Hirnnerven gelangen die Impulse zur area vestibularis, dem ausgedehnten Terminalkerngebiet in der Rautengrube der medulla oblongata. Die von den Vestibulariskernen aufsteigenden Fasern des medialen Längsbündels, einer phylogenetisch relativ alten Bahn, enden in den Augenmuskelkernen. Über diese Verbindung zwischen Vestibulariskerngebiet und Augenmuskelkernen entsteht durch die labyrinthäre Erregung und das Ungleichgewicht im vestibulären Kerngebiet der Nystagmus. Als rhythmische Augenbewegung hat er zwei unterscheidbare Phasen, eine langsame, eigentlich vestibuläre und eine schnelle oculäre, die als zentrale Kerrekturbewegung anzusehen ist.

Die Richtung des Nystagmus wird nach der schnellen Komponente angegeben.

Bei rotatorischer Reizung sind perrotatorischer Nystagmus und postrotatorischer Nystagmus I und II zu trennen. Der perrotatorische Nystagmus wird durch die positive Andrehbeschleunigung hervorgerufen. Nach Beendigung der Beschleunigung, bei gleichbleibender Drehgeschwindigkeit, klingt er wieder ab. Er schlägt in Drehrichtung.

Der postrotatorische Nystagmus I wird durch die negative Beschleunigung beim Abbremsen der Drehbewegung ausgelöst und dauert so lange, wie die durch die negative Beschleunigung hervorgerufene Endolymphbewegung anhält bzw. bis die Cupula in ihre Ausgangsposition zurückgekehrt ist. Der Post I schlägt entgegen der Drehrichtung.

Der häufig nach dem Post I zu beobachtende postrotatorische Nystagmus II (Schlagrichtung wieder in Drehrichtung) ist eine zentrale Gegenregulation, als

Folge des Tonusungleichgewichtes zwischen den beiden Vestibulariskerngebieten während des Post I.

Das Auge ist ein Dipol. Es besteht ein elektrisches Spannungsfeld. Durch koordinierte Bewegungen beider Augen summieren sich die Potentiale (20; 24). Daher kann der Nystagmus durch Hautelektroden gut abgeleitet werden. Bei der in der vorliegenden Arbeit verwendeten Methode (Elektronystagmographie nach Tönnies und Jung) zur Registrierung des Nystagmus werden die durch die rhythmischen Augenbewegungen hervorgerufenen Potentialdifferenzen als Oberflächenpotentiale abgeleitet.

III. LITERATUR ZUM THEMA "HABITUATION"

1. Definition des Begriffes "Habituation"

Als Habituation wird der Reaktionsabfall eines Sinnesorgans nach Reizwiederholung bezeichnet (21; 25). Eine vestibuläre Habituation soll nach Crampton (11), Henriksson, Kohut und Fernándes (22), Ino und Hazeyama (23) und Lidvall (28) nicht nur eine flüchtige Reaktionsabnahme, sondern von längerer Dauer sein und in manchen Fällen über Wochen nachweisbar bleiben.

Habituation ist ein wahrscheinlich zentral bedingter Prozeß. Die direkte Reizantwort des Rezeptors bleibt gleich. Die meisten Autoren nehmen eine Leistung spezieller Strukturen des Hirnstammes an, insbesondere der formatio reticularis (1; 2; 10; 16). So konnten Fernández und Schmidt (13) an decerebrierten Katzen zeigen, daß Neocortex, Basalganglien und Diencephalon für den Vorgang der Habituation nicht wichtig sind. Diese Teile konnten entfernt werden, ohne daß eine Veränderung der Nystagmusantwort bei Reizwiederholung gegenüber gesunden Tieren auftrat.

Auch die Möglichkeit der Übertragung der Habituation bei wiederholten thermischen Reizen aus einer Nystagmusrichtung in die andere spricht für einen zentralen Vorgang. Bei nicht äquivalenten Reizen tritt das Phänomen der Transferierung nicht oder nur in minimalem Ausmaß auf. Habituation nach thermischen Reizen ist also von der Identität der Stimuli abhängig (21; 22; 29).

Bei rotatorischer Reizung bleibt der Nystagmus in der nicht getesteten Richtung unverändert, wie Crampton (11) an Katzen, bei denen der Nystagmus in einer Richtung habituiert wurde, zeigen konnte. Die Habituation nach Rotation ist also nicht übertragbar.

Die bisher erbrachten Befunde über eine Habituation sind sehr widersprechend hinsichtlich Versuchsobjekt und -durchführung und der Art der Reize (thermisch oder rotatorisch). Allerdings wurde aber in den meisten Arbeiten nur der Post I, nicht auch der Post II berücksichtigt.

II. Thermische Untersuchungen

a) Thermische Untersuchungen am Tier

Ino und Hazeyama (23) fanden bei Katzen nach monauraler calorischer Prüfung eine deutliche Verkürzung der Nystagmusdauer, wenn die Spülungen in kurzen Zeitabständen (3 min.) aufeinanderfolgten. Auch nach Intervallen von 1 - 2 Tagen fiel der Versuch positiv aus, wenn bei den Spülungen jeweils Menge und Temperatur des verwendeten Wassers variiert wurden. Am raschesten und deut-

lichsten war die Nystagmusverminderung bei gleichzeitiger Reizung beider Labyrinthe.

b) Thermische Untersuchungen am Menschen

Bei wiederholten thermischen Reizen am Menschen kam es ebenfalls zum Reaktionsabfall. Forssman und Mitarbeiter (18; 19) beobachteten nach 12 unmittelbar aufeinanderfolgenden Spülungen mit Wasser von 30 ^{o} C eine Abnahme sowohl der Geschwindigkeit der langsamen Nystagmusphase als auch der Nystagmusdauer. Die Reaktionsverminderung zeigte sich in gleichem Umfange bei Durchführung der Untersuchung in Dunkelheit oder bei vollem Lichte.

Zu demselben Ergebnis einer fortschreitenden Abnahme der Nystagmus- und Vertigoreaktion bei wiederholten thermischen Reizen gelangte Lidvall (27; 28). Diese Abnahme konnte auch nach langen Reizintervallen (24 Std. und mehr), allerdings an der Schlagzahl deutlicher als an der Nystagmusdauer.

Die Arbeiten von Fluur und Mendel (14; 15) erbrachten bei wiederholten Warm-Spülungen eine Abnahme, aber keine Auslöschung der Reizantwort. Kaltspülung des nicht habituierten Ohres führte zu einer Verkürzung der Nystagmusdauer, während eine Warmreizung dieses Labyrinthes die Antwort verlängerte.

Lidvall (29) bemerkte eine Verminderung der Nystagmusdauer nur bei völliger Entspannung der Versuchspersonen, während bei geistiger Anspannung die Nystagmusreaktion nach wiederholten Spülungen sich nicht änderte.

Die Nystagmusreaktion ist bei an Seekrankheit leidenden Menschen bedeutend stärker als bei gesunden, seetüchtigen Matrosen. Dies erklärt Lidvall (30) mit "mangelnder Habituation der seekranken Personen an die Reize". Bei wiederholten Calorisationen kam es auch hier zur Habituation.

3. Kombinierte thermische und rotatorische Untersuchungen am Tier

Bei kombinierten Testen mit Versuchstieren mit thermischen und rotatorischen Reizungen resultierten keine signifikaten Ergebnisse. Eine Serie von 15 Drehreizungen hatte auf die Nystagmusantwort bei nachfolgender thermischer Reizung nur einen geringen Einfluß. Der Effekt beschränkte sich auf mäßige Frequenzabnahme.

Ebenso zeigte sich nach 15 thermischen Reizungen und anschließender rotatorischer Reizung keine Änderung des poststimulatorischen Nystagmus (8; 9).

4. Rotatorische Untersuchungen

a) Rotatorische Untersuchungen am Tier

Crampton (12) setzte Katzen wiederholten rotatorischen Reizen aus und verzeichnete einen deutlichen Reaktionsabfall.

b) Rotatorische Untersuchungen am Menschen

Untersuchungen mit Drehreizen am Menschen führten ebenfalls zu unterschiedlichen Ergebnissen:

Bárány (6), der bereits 1907 das Problem der Reizwiederholung untersuchte, beobachtete niemals eine "Ermüdung" des Nystagmus nach wiederholtem Drehen und Anhalten des Drehstuhles. Der postrotatorische Nystagmus zeigte auch nach 50 Drehungen täglich über 14 Tage keine Abnahme der Dauer gegenüber dem ersten Tag. Andererseits stellte Bárány aber bei sich nur nach rechts drehenden Tänzern einen bedeutend verkürzten Nystagmus nach experimenteller Rechtsdrehung fest. Er spricht in diesem Zusammenhang davon, "daß man sicherlich geneigt sein wird, die Gewöhnung als Ursache dieses Verhaltens heranzuziehen".

Rubin und Mitarbeiter (31) drehten ihre Versuchspersonen mit einer Winkelgeschwindigkeit von 180 °/sec für etwa 2 sec und sofort anschließend in entgegengesetzter Richtung. Bei der Wiederholung dieser Prüfung nach 2 Minuten bzw. 30 Sekunden zeigte sich ein signifikanter Nystagmusabfall. Die nach einer Woche feststellbaren Veränderungen des Nystagmus waren rein zufällig.

Bei rotatorischen Reizen mit einer Geschwindigkeit von 60 °/sec trat nach Suzuki und Totsuka (33) während des Post I keine signifikante Abweichung auf, während der Post II in verschiedenem Ausmaß verkürzt schien. Bei einer Drehgeschwindigkeit von 30 °/sec war in einigen Fällen der postrotatorische Nystagmus bis zum Nullwert herabgesunken. Nach ihrer Meinung spielt also die Reizstärke eine wichtige Rolle für die Habituation.

Eine reduzierte postrotatorische Nystagmusdauer beschrieben auch Fluur und Mendel (16). Sie drehten mit einer Geschwindigkeit von 90 °/sec und stoppten plötzlich, während die meisten anderen Untersucher eine langsame Deceleration bevorzugten.

Nur bei völlig entspannten Versuchspersonen konnte Collins (10) eine Verminderung des postrotatorischen Nystagmus im Sinne einer Habituation verzeichnen. Im Zustand geistiger Aktivität hingegen blieb die Nystagmusdauer unverändert.

Eine Art Gewöhnung bzw. Verminderung des Nystagmus kann auch bei Reizwiederholung in Hypnose beobachtet werden. Bei diesen Veränderungen handelt es sich vorwiegend um Effekte der Hypnose u. Verbalsuggestion, nicht aber um eine echte Habituation (5).

Zur Verminderung bis zur völligen Aufhebung der Nystagmusantwort führen sedierende Substanzen und Schlafmittel nach rotatorischer (und auch thermischer) Stimulierung (3; 17; 32; 35). Hierbei ist die Ursache der Nystagmus-

verminderung (3) in der Auswirkung der medikamentös erzielten Dämpfung der formatio reticularis, des zentralen Anteils des optisch-vestibulären Systems zu suchen. Die Abnahme des postrotatorischen Nystagmus nach wiederholten Langdrehungen bei Patienten mit zentralen Vestibularisstörungen ist ein Beweis für die zentrale Lokalisation dieser Vorgänge (1; 2).

Aschan (4) führte Untersuchungen an regelmäßig fliegenden Düsenjägerpiloten durch. Sie zeigten geringere Werte für die Dauer des postrotatorischen Nystagmus gegenüber nicht fliegenden Vergleichspersonen. Eine längere fluglose Periode führte zur Normalisierung der Werte. Hierbei handelt es sich jedoch um die Einwirkung eines gemischten Reizes (Winkel- und Zentrifugalbeschleunigung), so daß also eine "Habituation" an die Zentrifugalbeschleunigung vorliegt. Dafür spricht auch, daß im Kalorigramm keine signifikante Änderung auftrat.

IV. EIGENE UNTERSUCHUNGEN

1. Methodik

a) Untersuchungsgerät:

Die Ableitung und Registrierung des postrotatorischen Nystagmus wurde mit dem Elektronystagmographen nach Tönnies und Jung durchgeführt.

Der Drehstuhl:

Die Bewegung des elektrisch angetriebenen Stuhles erfolgt um eine durch die Stuhlmitte und somit auch durch die Kopfmitte der Versuchsperson gehende vertikale Achse. Durch die elektronische Steuerung können positive und negative Beschleunigungen (bis 15 $^{o}/\ sec^{2}$) und verschiedene Endgeschwindigkeiten (bis 250 ^{o}/sec) erzielt und konstant gehalten werden.

Der Kopf der Versuchsperson wird in leichter Vorwärtsneigung mit einer an der Rückenlehne des Stuhles angebrachten Stütze fixiert. Hierdurch werden willkürliche und unwillkürliche Kopfbewegungen, ein halsreflektorischer Nystagmus und das Auftreten von Corioliskräften ausgeschaltet.

Von den 5 Elektroden werden (nach Jung) zwei bitemporal angelegt, zur Ableitung der durch horizontale Augenbewegungen hervorgerufenen Potentiale. Die vertikalen Komponenten werden von einer Stirn- und einer Ohrelektrode abgeleitet. Eine zweite Ohrelektrode dient der Erdung.

Das Registriergerät:

Es ist von der Drehvorrichtung getrennt, so daß während der ganzen Versuchsdauer die Aufzeichnungen ständig kontrollierbar sind.

Auf Spezialpapier mit mm-Einteilung registrieren Hitzeschreiber die Potentiale, die nach Ableitung durch die Elektroden über Vorverstärker im Stuhl, Schleifkontakte und den Hauptverstärker dem Registrierteil zugeleitet werden. Die Papiergeschwindigkeit ist konstant (5 mm/sec.). Registriert werden auf drei verschiedenen Kanälen:

α) jede volle Umdrehung und der Stop des Stuhles,

ß) die vertikalen Augenbewegungen; diese Aufzeichnung dient der besseren Erkennung störender anderer elektrischer Phänomene (Artefakte, Lidschlagtätigkeit, willkürliche Bewegungen der Augen- und Gesichtsmuskulatur),

γ) die horizontalen Augenbewegungen.

b) Versuchsbedingungen

Zur Vestibularisprüfung kamen nur junge, otoneurologisch gesunde Personen. Versuchspersonen mit Spontannystagmus oder einer stark asymmetrischen Nystagmusreaktion nach rotatorischem Reiz wurden ausgeschlossen. Die Augen wurden während der Drehung und der Registrierung in Ruhe geschlossen gehalten (zum Ausschluß optokinetischer Reize).

Es wurde darauf geachtet, daß vor den Versuchen keine Genußmittel oder Medikamente eingenommen wurden, da sie zu einer Verstärkung bzw. Verminderung der Nystagmusreaktion führen können (3; 32; 35;).

Ebenso hat Müdigkeit einen wesentlichen Einfluß im Sinne einer Verringerung des vestibulären Nystagmus (24; 25). Bei Verdacht auf Ermüdung oder "Dösen" der Versuchsperson wurde daher durch Rechenaufgaben für eine konstante Aufmerksamkeitslage gesorgt.

Die Versuchsbedingungen wurden an allen Drehtagen möglichst gleich gehalten.

c) Versuchsdurchführung

Nach Anlegen der befeuchteten Silberelektroden wurde zu Beginn jeden Versuches eine Eichung der Potentialschwankungen vorgenommen, so daß bei horizontaler Blickrichtung 15 ^{o} einem Ausschlag von ungefähr 5 bis 7 mm entsprachen.

Mit 1 $^{o}/sec^{2}$ wurde bis zur Erreichung der Endgeschwindigkeit beschleunigt, die dann für 50 Sekunden beibehalten wurde, um die perrotatorische Reaktion abklingen zu lassen und Interferenzerscheinungen zwischen perrotatorischem und postrotatorischem Nystagmus zu vermeiden.

Der plötzliche Stop des Stuhles lief mit einer negativen Beschleunigung von 680 $^{o}/sec^{2}$ ab.

Der postrotatorische Nystagmus wurde bei geschlossenen Augen 3 1/2 bis 4 Minuten lang registriert. Zwischen den einzelnen Drehungen wurden dann die Augen 15 bis 30 Sekunden geöffnet.

An zehn aufeinanderfolgenden Tagen wurden jeweils sechs Drehungen unmittelbar hintereinander durchgeführt. An sieben verschiedenen Untersuchungsgruppen wurden verschiedene Reizgeschwindigkeiten angewendet:

Drehungen nur nach einer Richtung mit einer Endgeschwindigkeit von 30 $^{o}/sec$, 60 $^{o}/sec$, 90 $^{o}/sec$, 120 $^{o}/sec$ und 150 $^{o}/sec$;

Drehungen mit abwechselnder Richtung und einer Endgeschwindigkeit von 30 $^{o}/sec$, 120 $^{o}/sec$ und 150 $^{o}/sec$.

2. Auswertung

Folgende Werte wurden für jede einzelne Drehung bestimmt:

a) Die Dauer des postrotatorischen Nystagmus I (Post I), d.h. die Zeit in Sekunden vom Stop bis zu dem letzten sicheren Nystagmusschlag, der eine langsame Phase in Drehrichtung und eine schnelle in entgegengesetzter Richtung aufweist.

b) Die Schlagzahl des Post I, als Summe aller deutlichen Nystagmusschläge während der Post I-Dauer.

c) Die Pause von Post I bis Post II als die Zeit in Sekunden zwischen den beiden Phasen des postrotatorischen Nystagmus (I und II), in der keine rhythmischen Augenbewegungen auftraten.

d) Die Dauer des Post II; sie gibt den Zeitraum in Sekunden an, in dem Augenbewegungen mit einer deutlichen langsamen Phase entgegengesetzt der Drehrichtung und einer schnellen in Drehrichtung nachzuweisen sind.

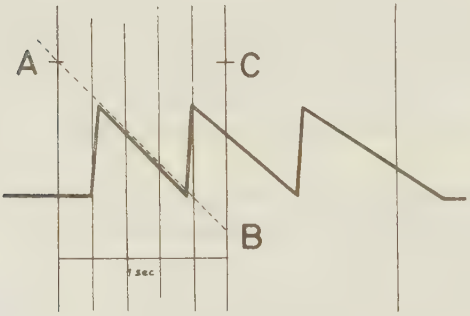


Abb. 1 Schematische Darstellung zur Berechnung der Winkelgeschwindigkeit

e) Die Winkelgeschwindigkeit der langsamen Nystagmusphase im Post I zu verschiedenen Zeitpunkten nach dem Stop: (Abb. 1)

An die langsame Phase eines Post I-Schlages wird eine Tangente angelegt bis zu den Schnittpunkten mit zwei vertikalen Parallelen, die einen Abstand von 5 mm (entsprechend einer Sekunde) voneinander haben (A und B). Durch eine Senkrechte von A auf die Parallele durch B erhält man Punkt C.

Die Winkelgeschwindigkeit pro Sekunde einer langsamen Phase ergibt sich nun durch Muliplikation der Strecke BC mit dem zur Eichung verwendeten Blickwinkel (15^{o}) und Division durch den bei dieser Eichung erhaltenen Ausschlag in Millimetern.

Die Auswertung erfolgte nach Übertragung der Meßwerte auf IBM-Lochkarten mit Datenverarbeitungsanlagen (IBM 7090 und IBM 1410). [x]

---

x) Ich danke Herrn Dr. Thurmayr und Herrn Dirlich (Chir. Universitätsklinik München, Direktor Professor Dr. Dr. R. Zenker) sehr für die Hilfe bei der Auswertung

Drehung		1.	2.	3.	4.	5.	6.	
Post I	Dauer	29,93	30,28	29,49	31,15	29,42	30,18	sec.
	Schlagz.	32,45	32,55	30,65	31,90	30,18	30,02	
Pause		30,07	34,85	30,01	31,25	32,89	31,46	sec.
Post II	Dauer	50,52	51,12	56,63	58,53	55,42	58,31	sec.
	Schlagz.	13,19	14,56	14,09	14,29	14,46	14,28	
1. Geschwind.		48,48	48,13	47,36	46,54	48,34	45,17	°/sec.

Tab. 1 Mittelwerte aller 1. bis 6. Drehungen

Tag		I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	
Post I	Dauer	30,18	30,99	31,08	30,56	29,26	31,40	29,58	30,13	27,62	28,91	sec.
	Schlag-zahl	27,74	32,03	32,29	30,14	30,44	31,93	32,01	31,50	28.71	28,78	
Pause		34,59	30,25	32,95	28,72	30,79	28,40	32,20	30,43	32,11	35,40	sec.
Post II	Dauer	51,59	51,50	54,78	60,90	57,26	56,50	53,10	49,47	51,66	50,31	sec.
	Schlagz.	14,75	14,68	16,54	16,47	16,12	14,65	13,70	13,79	13,21	14,54	
1. Geschw.		55,16	48,04	46.47	51,65	46,23	49,02	50.39	53,33	50.26	51,75	°/sec.

Tab. 2 Mittelwerte aller Drehungen des I. bis X. Tages

3. Ergebnisse

Zunächst wurden für alle 1. und 6. Drehungen die Mittelwerte für die ausgewerteten Nystagmusparameter bestimmt. Die Mittelwerte zeigen bei einem Vergleich untereinander keine signifikante Differenz (Tab. 1). Die Schwankungen überschreiten den Zufallsbereich nicht. Bei der Dauer des Post II zeigte sich eine leichte Zunahme, ebenso bei der Schlagzahl des Post II.

Beim Vergleich der Mittelwerte der Drehungen des I. bis X. Tages findet sich ebenso keine auffallende Differenz (Tab. 2), lediglich die Werte des Post I zeigen eine leichte Tendenz zur Abnahme innerhalb der zehn Tage. Die Veränderung ist aber gering und statistisch (Mittelwertevergleich) nicht zu sichern.

Auch ein Vergleich der Werte der Tab. 2 mit den Mittelwerten der 1. bis 6. Drehung des I. Tages ergab keinen signifikanten Unterschied.

		1. : 6. Dr.	Kollektiv	1. : 10. Tag	Kollektiv	
Post I	Dauer	-0,3140	207	+5,3761	117	sec.
	Schlagz.	+2,6456	206	+9,1538	117	
Pause		-2,2717	173	+1,6735	98	sec.
Post II	Dauer	+4,1111	63	+5,4375	16	sec.
	Schlagz.	+5,7254	193	+8,7615	109	
1. ∢ -Geschwind.		+3,7718	206	+10,4274	117	°/sec.

Tab. 3 Durchschnittliche Differenz zwischen 1. und 6. Drehung eines Tages bzw. I. und X. Tag

		I. bis X. Tag			1. bis 6. Drehung		
		+	O	-	+	O	-
Post I	Dauer	25 %	2 %	73 %	50 %	3 %	47 %
	Schlagz.	60 %	5 %	35 %	54 %	7 %	39 %
Pause		32 %	3 %	65 %	52 %	7 %	45 %
Post II	Dauer	66 %	6 %	28 %	52 %	3 %	45 %
	Schlagz.	66 %	6 %	28 %	65 %	3 %	32 %
1. ∢ Geschw.		56 %	7 %	37 %	52 %	6 %	42 %

Tab. 4 Relative Verteilung der positiven und negativen Differenzen

Die durchschnittlichen Abweichungen zwischen der 1. und 6. Drehung bzw. dem I. und X. Tag sind in Tab. 3 zusammengestellt. Für den Vergleich des I. mit dem X. Tage sind sie positiv.

Für jede Einzeldrehung wurden dann die Werte des I. und X. Tages bzw. der 1. und 6. Drehung verglichen. Die Differenz war meist gering. Die relative Verteilung der positiven und negativen Differenzen ist in Tab. 4 angegeben. Eine Reaktionsabnahme durch rotatorische Reizwiederholung ist nicht feststellbar.

Weiterhin wurden die Untergruppen mit den verschiedenen Reizgeschwindigkeiten getrennt betrachtet. Bei Durchführung der Mittelwertvergleiche (entsprechend Tab. 3) ergab sich auch innerhalb der Untergruppen keine signifikante Reaktionsabnahme. Die durchschnittlichen Differenzen waren geringer.

	Dreh. Nr.	Reiz-stärke	POST I	POST II (Stl)	WINKELGESCHWINDIGKEIT 1.	2.	3.	4.
Drehungs Nr.								
Drehart								
Reizstärke	05							
Dauer POST I	-11	05						
Schlagz		28	46					
Dauer	30	08	-20 -14					
POST II (Stl)		05	-13	72				
Schlagz	-09	32	-16 46	26				
Zeit 1.Winkelgeschw		13	-06	-25 -10 31				
1.Winkelgeschw °/sec		44	15 70	-07 55				
Zeit 2.Winkelgeschw	-09	29	31 15	-15	51 11			
2.Winkelgeschw °/sec		32	12 71	-12 58	10 85			
Zeit 3.Winkelgeschw.	-12	17	58 43	-19	26 28	64 19		
3.Winkelgeschw °/sec		23	61	-09 60	14 72	85		
Zeit 4.Winkelgeschw	-35	09	85 75	-43 -55	-29 47	66 20	87	
4.Winkelgeschw °/sec	-48	-06	19	-21	-28 53	-18 61	69	
ANALYSE I	-01 02	-84	01 -06	-08 03 -07	04 -84	06 -72	11 -73	16 -69
ANALYSE II	-10 -04	01	22 11	-87 -82 -18	11 -10	08 -04	06 -05	10 -04
ANALYSE III	-05 16	05	08 58	01 63	-54 02	-64 04	-78 03	-80 06
ANALYSE IV	-18 -09	02	66 49	-05 03 -02	-08 46	-06 40	-11 24	10 20
C	04 16	71	49 60	75 67 43	44 82	76 68	84 80	70 84

Tab. 5 Korrelationsmatrix und Faktorenanalyse

Korrelationsmatrix (oben) und Faktorenanalyse (unten) bei Auswertung von 16 Variablen. Es sind nur die signifikaten Korrelationskoeffizienten aufgeführt. Die Koeffizienten sind auf 2 Stellen nach dem Komma aufgerundet und unter Weglassung des Kommas angegeben (z. B. 0.2796 als 28). Hohe Korrelationskoeffizienten sind hervorgehoben. - Die letzte Spalte rechts in der Analyse gibt den sogenannten "Eigenwert" der Faktoren an. (Darstellung in Anlehnung an Bochnik).

Als weiterer Auswertungsschritt wurde mit den auf den Lochkarten erfaßten Daten eine Bestimmung der Korrelationskoeffizienten durchgeführt. Die Ergebnisse für die gemessenen 16 Wert (ohne Steuergrößen) wurden in einer Korrelationsmatrix zusammengestellt.(Für diese Auswertung wurden 4 gemessene Winkelgeschwindigkeiten der langsamen Nystagmusphase verwendet). (Tab. 5). Aus einer Korrelationsmatrix können Zusammenhänge zwischen Größen direkt abgelesen werden.

In der vorliegenden Korrelationsmatrix sind nur die mit Signifikanzniveau von p = 0,05 gesicherten Korrelationskoeffizienten aufgeführt. Die Korrelationskoeffizienten wurden auf zwei Stellen hinter dem Komma abgerundet, ein Wert von 0,2784 ist z.B. als 28 in der Tabelle dargestellt.

Die in Tab. 5 dargestellte Korrelationsmatrix zeigt eine starke Beziehung der verschiedenen angewendeten Reizstärken (30 °/sec bis 150 °/sec) mit den Werten für die Winkelgeschwindigkeit der langsamen Nystagmusphase nach dem Stop. Auch die Schlagzahl des Post I ist mit der Reizstärke deutlich korreliert. Daneben sind Beziehungen zwischen Schlagzahl und Dauer des Post I mit dem Post II und den Werten für die Winkelgeschwindigkeit der langsamen Nystagmusphase abzulesen.

Im Bereich der angewendeten Reizstärken besteht also eine deutliche Reizstärkeabhängigkeit der Nystagmusreaktion im Post I und Post II. Eine Reaktionsveränderung bei wiederholten Drehungen ist nur in Form einer sehr geringen Beeinflussung der Dauer des Post I (Korrelationskoeffizient minus 11) festzustellen, die übrigen Meßwerte sind im wesentlichen nicht beinflußt.

Auch durch die Aufstellung einer Korrelationsmatrix ließ sich also keine signifikante Reaktionsabnahme bei wiederholten Drehreizungen beobachten.

Es wurde nun weiterhin eine Faktorenanalyse mit den in der Korrelationsmatrix zusammengestellten Korrelationskoeffizienten durchgeführt. Die Faktorenanalyse ermöglicht es, Schätzwerte für Größen zu ermitteln, die man direkt nicht messen kann. Dabei besteht die Voraussetzung, daß diese nicht meßbaren Größen mit gemessenen oder meßbaren Variablen korreliert sind (7; 34). Die durchgeführte Faktorenanalyse ergab 4 Faktoren, die das Zusammenhangsgefüge der Korrelationsmatrix (Tab. 5) beschreiben.

Diese Faktoren zeigen eine enge Beziehung der Reizstärke zu den Meßwerten der Winkelgeschwindigkeiten (Faktor I; Bezeichnung "Reizstärke"), eine gegensinnige Beziehung des Post II und der Drehungszahl mit dem Post I (Faktor II) eine enge gegensinnige Beziehung des Post I und des Post II mit den Meßzeitpunkten der Winkelgeschwindigkeit der langsamen Nystagmusphase (Faktor III, "Frequenzverschiebung") und eine schwache gegensinnige Beziehung der Drehungsnummer mit den Werten des Post I.

In der Deutung der Faktorenanalyse kann in Ergänzung der Ergebnisse der Korrelationsmatrix die Reizstärkeabhängigkeit der Nystagmusreaktion abgelesen werden

(Faktor I), daneben die schwache Verminderung des Post I bei wiederholten Drehreizen (Faktor II) bei gleichzeitiger Zunahme des Post II und einer Reizstärkeunabhängigkeit dieses Vorgangs. Frequenzverschiebungen im Post I treten bei wiederholter Drehreizung auf (Faktor III).

Zusammenfassend läßt sich als Ergebnis dieser Auswertung feststellen, daß neben der Reizstärkeabhängigkeit der Nystagmusreaktion des Post I und Post II nur geringe Veränderungen bei wiederholter Drehung im Post I im Sinne einer Abnahme zu beobachten sind, der Post II nimmt leicht zu; außerdem können bei gesunden Versuchspersonen nach rotatorischer Reizwiederholung Frequenzverschiebungen im Post I auftreten.

V. DISKUSSION

In der vorliegenden Arbeit wurden der postrotatorische Nystagmus I und II nach wiederholten Drehreizen am Gesunden untersucht. Dabei zeigte sich, daß die Mittelwerte aller ausgewerteten Nystagmusparameter, sowohl aller 1. bis 6. Drehungen, als auch des I. bis X. Tages zusammen, keine signifikante Differenz aufweisen. Eine signifikante Abnahme der Dauer oder Schlagzahl des Post I und II tritt also nicht auf. Die Winkelgeschwindigkeit bleibt unverändert. Auch der Vergleich der Werte jeder Einzeldrehung des I. und X. Tages bzw. der 1. und 6. Drehung bringt keine anderen Ergebnisse (siehe Abb. 3, 4 und 5). In unseren Versuchen konnte in Übereinstimmung mit v. Albert (1; 2) und Köllner (3) bei vestibularisgesunden Personen keine Habituation festgestellt werden. Wir konnten auch, entgegen den Befunden von Suzuki und Totsuka (33), keine Reizstärkeabhängigkeit des Auftretens der Habituation feststellen. Bei getrennter Betrachtung der Untergruppen mit verschiedener Reizstärke und beim Vergleich der Mittelwerte sowie der anderen Auswertungsschritte ist auch hier keine Reaktionsabnahme nachweisbar.

Für die Diskrepanz zwischen den Befunden anderer Autoren und den vorliegenden Ergebnissen müssen folgende Gesichtspunkte berücksichtigt werden:

1. Ein Teil der Unterschiede ist sicher auf die Methodik der Nystagmusbeobachtung und -registrierung zurückzuführen. Die Beobachtungen des Nystagmus unter einer Brille (Bárány) (6) sind den registrierenden Methoden nicht gleichzusetzen. Die Elektronystagmographie erlaubt eine Registrierung aller Augen-Bewegungen mit der Möglichkeit der nachträglichen Auswertung.

2. Bei fast allen Untersuchungen zur Habituation des postrotatorischen Nystagmus wurde nur der Post I gemessen (4; 6; 8; 16; 31;). Ebenso wurden meist nicht alle Parameter des Post I ausgewertet, sondern nur einzelne Komponenten, wie Dauer (4; 6; 16) oder Frequenz (Schlagzahl/Zeiteinheit) des Post I (8; 9). Die Frequenz zeigt aber relativ große Schwankungen. In diesen Fällen kann nur eine beschränkte Aussage über die Veränderungen des postrotatorischen Nystagmus bei Reizwiederholung gemacht werden, da die Schlagzahl selbst bei verkürzter Dauer konstant bleiben kann.

3. Suzuki und Totsuka (33) beobachteten, daß der regelmäßige, rhythische Nystagmus im Verlauf mehrerer Drehungen unregelmäßig wurde. Sie diskutieren, daß die Reduktion der postrotatorischen Nystagmusdauer durch die Veränderung des normalen Nystagmus durch feine, fibrilläre Augenbewegungen bedingt sein könnte, deren Auftreten bei gestörtem tonischen Gleichge-

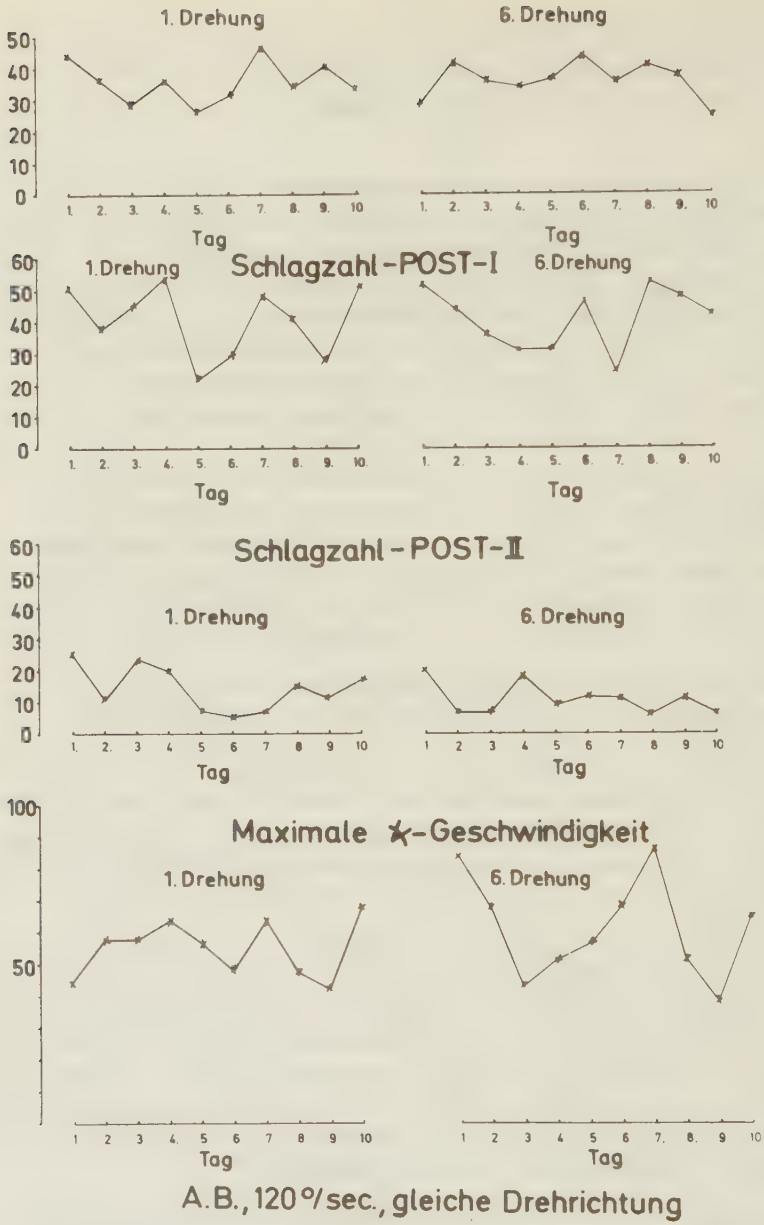


Abb 2 Graphische Darstellung der Meßwerte der 1. und 6. Drehung an den zehn verschiedenen Tagen bei einer Endgeschwindigkeit von 120 °/sec. und gleicher Drehrichtung

wicht der Labyrinthe zu beobachten ist. In Analogie hierzu könnte der Nystagmus durch vermehrt auftretende Gegenrucke oder eine starke Dysrhythmie, die verschiedentlich nach wiederholten Stimulierungen beobachtet wurde (16; 19), schlechter auswertbar sein und so zu unrichtigen Werten führen.

4. Beim Gesunden kann die Ursache für die Abnahme der Nystagmusreaktion in einer zunehmenden Ermüdung liegen, besonders bei länger dauernden Untersuchungen. Ermüdung und "Dösen" geht mit einer Funktionsänderung der formatio reticularis einher, die zur Abnahme bis zur völligen Aufhebung der Nystagmusreaktion führen kann (21; 24; 25). Geistige Aktivität (z. B. Rechnenlassen) beseitigt die durch Ermüdung bedingten Erscheinungen wieder (28).

5. Medikamente, die auf die formatio reticularis dämpfend wirken, reduzieren die Nystagmusantwort erheblich. Dabei muß eine sedierende Wirkung nicht erkennbar sein (3). Schon geringe Dosen führen zu diesem Effekt, der sich besonders bei Habituationsuntersuchungen (= Reizwiederholung) manifestiert.

6. Eine nicht erkannte periphere oder zentrale Vestibularisläsion kann eine "Habituation" vortäuschen (1; 2). So sind bei einzelnen der von Fluur (16) untersuchten Personen "spontane Nystagmuserscheinungen" vorhanden gewesen, die den Verdacht auf eine Vestibularisstörung begründen. Diese Befunde sind also nicht stichhaltig.

7. Wurde mit wechselnder Drehrichtung getestet, so kann die in der Literatur beschriebene Nystagmusabnahme darauf beruhen, daß schon zu Beginn eine Seitendifferenz zwischen den Vestibulariskernen bestand (s. unter 6.). So nimmt auch Bárány (6) an, daß bei seinen Versuchen mit sich nur nach rechts drehenden Tänzern eine Differenz zwischen der Erregbarkeit nach Rechtsdrehung und nach Linksdrehung bestanden habe.

8. Die rasche und deutliche Nystagmusverminderung bei gleichzeitiger thermischer Reizung beider Labyrinthe wird durch die zentrale Integrierung der dem Kerngebiet zufließenden Reize ausgelöst (23). Bei Drehversuchen trifft der Reiz auch beide Labyrinthe, aber mit unterschiedlicher Stärke.

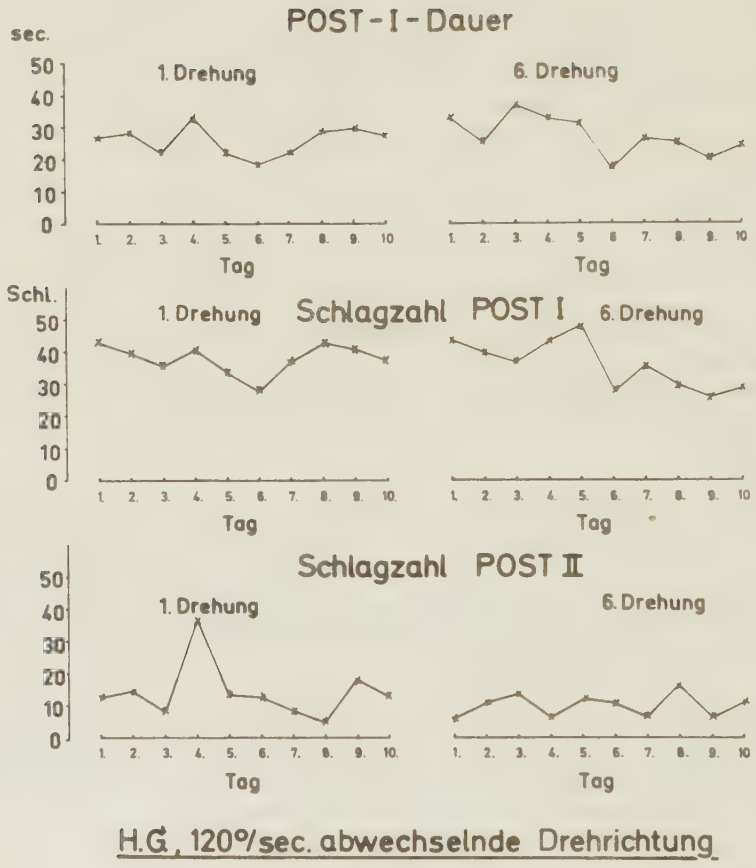
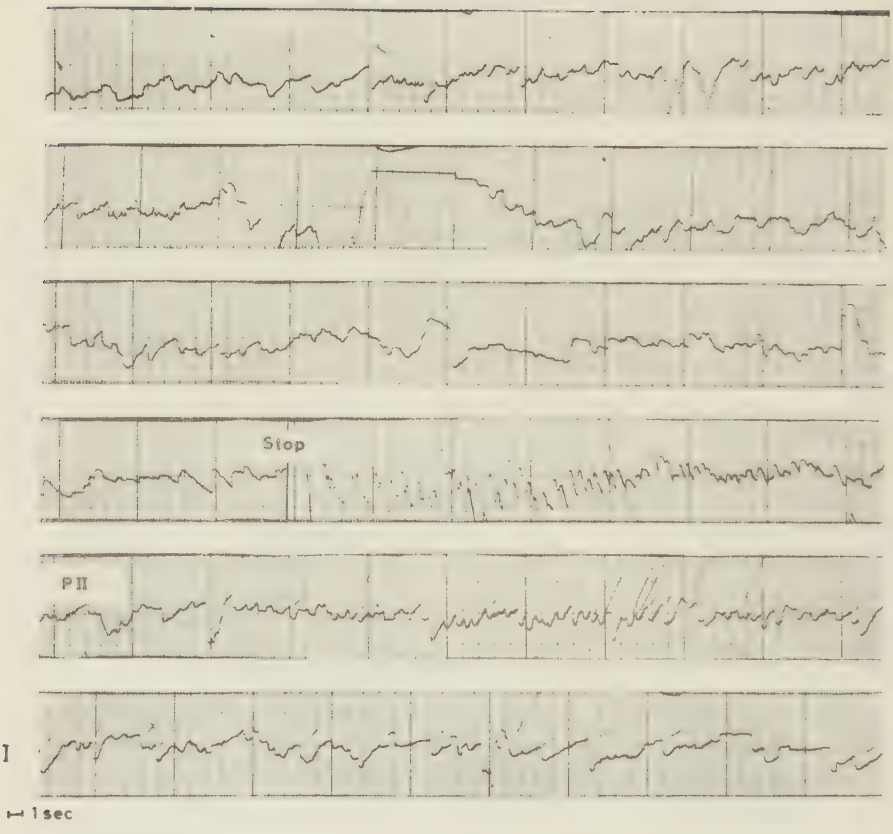


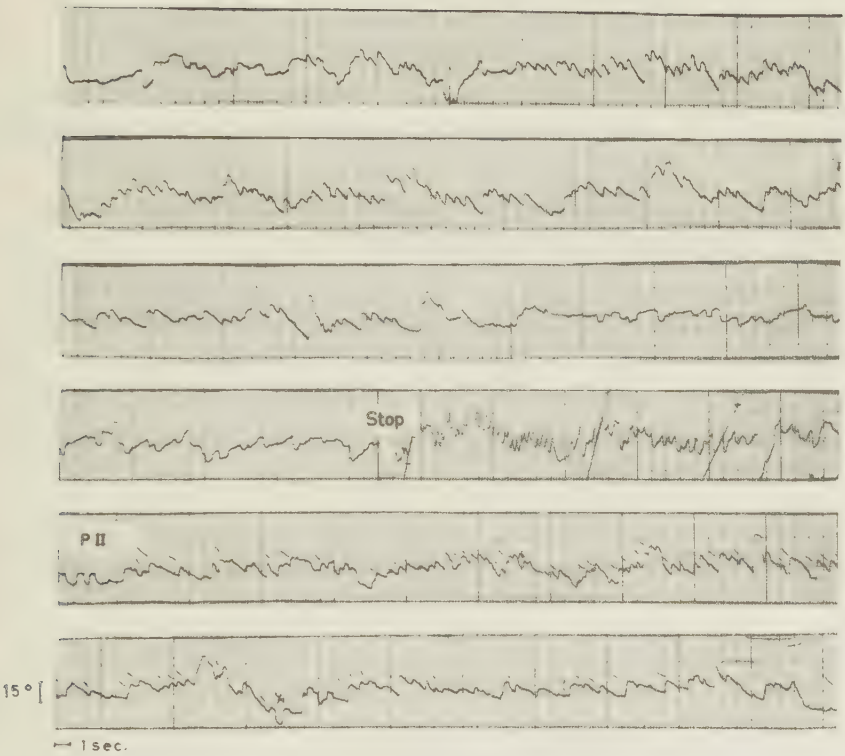
Abb. 3 Graphische Darstellung der Meßwerte der 1. und 6. Drehung an den zehn verschiedenen Tagen bei einer Endgeschwindigkeit von 120 °/sec und abwechselnder Drehrichtung.

In Abb. 2 und Abb. 3 zeigen sich im Verlauf der zehn Tage die Schwankungen, aber keine Abnahme der Werte.

Da beim Gesunden keine Habituation beobachtet wurde, ist eine im untersuchten Reizstärkebereich und gleicher Untersuchungstechnik auftretenden "Habituation" (Reaktionsabnahme) also stets verdächtig auf den Gebrauch von Medikamenten, die dämpfend auf den Hirnstamm wirken. Ferner ist an eine zentrale Vestibularisläsion oder an eine Störung in der formatio reticularis, dem zentralen Integrationsort des optisch-vestibulären Systems, zu denken.



A., 1. Drehung (150°/sec.)



A., 6. Drehung (150°/sec.),
wechselnde Drehrichtung

VI. ZUSAMMENFASSUNG

Bei Prüfung der Frage nach dem Verhalten des postrotatorischen Nystagmus I und II nach wiederholten Drehreizen am Gesunden wurden folgende Ergebnisse erzielt:

Der postrotatorische Nystagmus I (Post I) zeigte innerhalb von sechs Drehungen eines Tages, wie auch beim Vergleich der Drehungen aller zehn aufeinanderfolgenden Tage keine deutliche Abnahme seiner Dauer und Schlagzahl.

Bei den Winkelgeschwindigkeiten der langsamen Phasen des Post I trat im Verlauf der immer wiederholten Reizungen keine Änderung gegenüber den ersten Messungen auf.

Niemals war eine signifikante Verminderung der Dauer oder Schlagzahl des postrotatorischen Nystagmus II (Post II) zu beobachten.

Unterschiede der Reizstärke (von 30^{o}/sec bis 150^{o}/sec) hatten keinerlei Einfluß auf das Versuchsergebnis. Ebenso war die Drehrichtung (entweder nur nach rechts oder links oder abwechslungsweise rechts und links) bedeutungslos.

Es kann also ausgesagt werden, daß beim Gesunden nach wiederholten Drehreizen nicht-signifikante, individuelle Schwankungen, aber keine Habituationserscheinungen zur Beobachtung kamen.

Herrn Professor Dr. med. F. Marguth danke ich aufrichtig für die Überlassung des Themas.

Herrn Dr. med. H.-H. v. Albert bin ich für seine Anleitung und stete Anteilnahme bei der Durchführung der Arbeit zu großem Dank verpflichtet.

VII. LITERATURVERZEICHNIS

1. v. ALBERT H. -H.: Elektronystagmographische Untersuchungen über die Trainierbarkeit der Labyrinthe, bzw. der Vestibularis-komplexe, gemessen am postrotatorischen Nystagmus I und II. Archiv Ohren-, Nasen- und Kehlkopfheilk. 184, 371, (1965)

2) - -: Veränderungen des postrotatorischen Nystagmus I und II nach wiederholten Langdrehungen bei multipler Sklerose. Archiv f. Psychiatrie und Zeitschr. f. d. ges. Neurologie 206, 677, (1965)

3) - - und KÖLLNER B.: Die Beeinflussung des postrotatorischen Nystagmus I und II durch Phenothiazinderivate. (In Vorbereitung)

4) ASCHAN G.: Response to rotatory stimuli in fighter pilots. Acta oto-laryng. Suppl. 116, 24, (1954)

5) - -, FINER B.L., HAGBARTH K.E.: The influence of hypnosis suggestion on vestibular nystagmus. Acta oto-laryng. 55, 97, (1962)

6) BARANY R.: Weitere Untersuchungen über den vom Vestibularapparat des Ohres reflektorisch ausgelösten rhythmischen Nystagmus und seine Begleiterscheinungen. Mschr. Ohrenheilk. 41, 477, (1907)

7) BOCHNIK H.J., LEGEWIE H.: Multifaktorielle klinische Forschung. Ferdinand Enke-Verlag, Stuttgart (1964)

8) COLLINS W.E.: Nystagmus responses of the cat to rotatory and to directionally equivalent and non equivalent stimuli after unilateral caloric habituation. Acta oto-laryng. 58, 247, (1963)

9) - -: Primary, secondary and caloric nystagmus of the cat following habituation to rotation. Journal of comparative and physiological psychology, Vol 57, Nr. 3, 417, (1964)

10) - - and GUEDRY F.E.: Arousal effects and nystagmus during prolonged constant angular acceleration. Acta oto-laryng. 54, 350, (1962)

11) CRAMPTON G. H. : Directional imbalance of vestibular nystagmus in cat following repeated undirectional angular acceleration. Acta oto-laryng. 55, 41, (1962)

12) - - : Effects of visual experience on vestibular nystagmus habituation in the cat. Acta oto-laryng. 55, 516, (1962)

13) FERNANDEZ C., SCHMIDT R. : Studies on habituation of vestibular reflexes: II. Effect of caloric stimulation in decorticated cats. Annales of otology, rhinology and laryngology, Vol. 71, Nr. 2, 299, (1962)

14) FLUUR E., MENDEL L. : Habituation, efference and vestibular interplay: I. Monaural caloric habituation. Acta oto-laryng. 55, 65, (1962)

15) - - : Habituation, efference and vestibular interplay: II. Combined caloric habituation. Acta oto-laryng. 55, 136, (1962)

16) - - : Habituation, efference and vestibular interplay: II. Undirectional rotatory habituation. Acta oto-laryng. 57, 81, (1964)

17) FLÜGEL F., SOYKA D. : Über den Einfluß von Neuroleptika und Schlafmittel auf das optisch-vestibuläre System. "Nervenarzt" Jahrg. 34, Heft 11, 506, (1963)

18) FORSSMAN B., HENRIKSSON N. G., DOLOWITZ D. A. : Studies on habituation of vestibular reflexes: VI. Habituation in darkness of calorically induced nystagmus, laterotorsion and vertigo in man. Acta oto-laryng. 56, 663, (1963)

19) FORSSMAN B. : Studies on habituation of vestibular reflexes: VII. Habituation in light of calorically induced nystagmus, laterotorsion and vertigo in man. Acta oto-laryng. 56, 714, (1963)

20) GERNANDT B. E. : Vestibular mechanism. Handbook of Physiology, Bd. 1, 549 ff, (1959)

21) GRAMOWSKI K. H. : Das trainierte Labyrinth. Vorläufige Mitteilung über die therapeutische Anwendung vestibulärer Habituation bei Vestibularisstörungen. HNO, Bd. 12, Heft 4, 105

22) HENRIKSSON N. G., KOHUT R., FERNANDEZ C.: Studies on habituation of vestibular reflexes: I. Effect of repetitive caloric test. Acta oto-laryng. 53, 333, (1961)

23) INO H., HAZEYAMA F.: Experimentelle Untersuchungen über Verkürzung der Dauer des kalorischen Nystagmus durch wiederholte thermische Reizungen. Arch. HNO 179, 443, (1963)

24) JUNG R.: Eine elektrische Methode zur mehrfachen Registrierung von Augenbewegungen und Nystagmus. Klin. Wochenschr. 1, (1939)

25) - -: Nystagmographie: Zur Physiologie und Pathologie des optisch-vestibulären Systems beim Menschen. Handb. d. Inn. Med. V/1, 1325 ff, 4. Aufl., (1953)

26) - -, TÖNNIES J.F.: Die Registrierung und Auswertung des Drehnystagmus beim Menschen. Klin. Wochenschr. 26, 513, (1942)

27) LIDVALL H.F.: Vertigo and nystagmus responses to caloric stimuli repeated at short intervals. Acta oto-laryng. 53, 33, (1960)

28) - -: Vertigo and nystagmus responses to caloric stimuli repeated at short and long intervals. Acta oto-laryng. 53, 507, (1961)

29) - -: Specific and non-specific traits of habituation in nystagmus responses to caloric stimuli. Acta oto-laryng. 55, 315, (1962)

30) - -: Mechanism of motion sickness as reflected in the vertigo and nystagmus responses to repeated caloric stimuli. Acta oto-laryng. 55, 527, (1962)

31) RUBIN A., WINSTON J., METZ-RUBIN H., BERWICK L.: The vestibular responses to turning with normograms for the detection of straptomycin and other drug toxicities and for the prediction of the normal variations of nystagmus and vertigo. Ann. oto-laryng. 60, 108, (1951)

32) SOYKA D.: Elektronystagmographische Untersuchungen über den Effekt von Neuroleptika und anderen zentral wirkenden Pharmaka auf das optisch-vestibuläre System. "Arzneimittelforschung" 14, 1182, (1964)

33) SUZUKI J.-I., TOTSUKA G.: Postrotatory nystagmus: Modifications observed in experiments with repeated rotatory stimulation. Acta oto-laryng. 51, 570, (1960)

34) ÜBERLA K.: Zur Verwendung der Faktorenanalyse in der medizinischen Diagnostik. Method. Inform. Med. 4, 89, (1965)

35) WALDECKER G.: Über die Wirkung von Phenothiazinen und Dolantin auf den Nystagmus. Arch. HNO 174, 486, (1960)

Am 29. 6. 1941 wurde ich als einziges Kind des Kaufmanns Hans Rügert und seiner Ehefrau Klara, geb. Scholz, in Stuttgart-Bad Cannstatt geboren. Nachdem mein Vater 1944 gefallen war, siedelte meine Mutter mit mir nach München über.

Nach vierjährigem Volksschulbesuch trat ich 1951 in das Realgymnasium der Englischen Fräulein in München-Nymphenburg ein. Dort legte ich 1960 die Reifeprüfung ab. Im Wintersemester 1960/61 immatrikulierte ich mich an der Medizinischen Fakultät der Universität München, wo ich die naturwissenschaftliche und die ärztliche Vorprüfung bestand und im Juni 1966 mein Studium mit dem Staatsexamen beendete.